

# REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA Y FORMULACIÓN DE RACIONES EN BOVINOS PARA CARNE

Mac Loughlin, Roberto José\*. 2010. MC2005, Investigación y Desarrollo Agropecuario.

\*Médico Veterinario, Argentina.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Invernada en general](#)

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años la comunidad científica ha revisado las bases y metodologías para la determinación de los requerimientos de proteína en el bovino, incluyendo en las mismas no solo las necesidades del animal sino también las de los microorganismos ruminales para su mantenimiento y crecimiento. Este nuevo sistema está basado en la Proteína Metabolizable (PM) y significa un avance de importancia para la producción, ya que optimizando el desarrollo microbiano en rumen se hace más eficiente la disponibilidad de la energía del alimento para el bovino.

El objetivo de esta presentación es repasar algunos conceptos básicos acerca del sistema de PM para la determinación de requerimientos y formulación de raciones, y analizar algunos casos típicos de balance proteico con los que nos podemos encontrar.

## 1.- REQUERIMIENTOS

El mantenimiento y crecimiento de los bovinos requiere de Proteína Metabolizable (PM) (proteína verdadera absorbida en el intestino) y energía en los tejidos en proporciones adecuadas según el tamaño y la composición de la ganancia de peso. El origen de la PM es la Proteína Microbiana (Pmo), resultado del crecimiento de los microorganismos ruminales a partir de la energía y la Proteína Degradable en Rumen (PDR) del alimento, y la Proteína No Degradable (PND) que es la que pasa sin modificaciones por el rumen. Ambas, Pmo y PND una vez en intestino delgado son degradadas por las enzimas a estructuras de menor complejidad (amino ácidos, péptidos) y absorbidas conformando la PM, que es la que utiliza el bovino (cuadro N° 1).

Para el uso eficiente de los nutrientes, es primordial lograr el balance PM / Energía a nivel tisular y PDR / Energía en el rumen. Mientras el excedente de PM en los tejidos es degradado y utilizado como fuente de energía, lo que constituye un proceso ineficiente desde el punto de vista energético y económico, el déficit restringe el crecimiento del animal. Bajos aportes de PDR en relación a la energía en el rumen, limitan el desarrollo de los microorganismos disminuyendo la fermentación de la materia orgánica del alimento y el aporte de energía para el medio interno del bovino.

En la medida que los animales avanzan en su crecimiento, la participación de la proteína en la composición química de la ganancia de peso disminuye, y el consumo de alimento por Kg producido aumenta. Las necesidades de PDR y la producción de Pmo están en relación directa con la cantidad y calidad de la materia seca consumida, por lo que a mayor desarrollo de los animales los requerimientos de PDR y síntesis de Pmo aumentan. En novillos pesados con altas ganancias, si el aporte de PDR no es limitante, aproximadamente el 80 – 90 % de PM pueden ser cubiertas por la Pmo.

En animales jóvenes la situación es inversa, alto contenido de proteína en la ganancia, y menor cantidad de alimento consumido y síntesis de Pmo por Kg de peso producido. La participación de la Pmo en el aporte de PM es menor que en los animales más desarrollados, por lo que los requerimientos de PND aumentan. En términos generales para animales con altas ganancias de peso, el déficit más frecuente de observar en los de menor edad es de PND, y a medida que avanza la etapa de crecimiento la PDR se vuelve más crítica.

## 2.- EL ALIMENTO

La Proteína Bruta (PB) del alimento, según su degradabilidad en el rumen se compone de PDR, PND y Proteína de Degradabilidad Intermedia (PDI). Mientras la PDR es utilizada por los microorganismos ruminales para su mantenimiento y crecimiento, y la PND llega sin alteraciones al intestino para ser digerida y absorbida, la PDI se comporta en proporciones variables como las dos anteriores. Cuando la calidad ó el consumo de alimento son bajos, también lo es la tasa de pasaje ruminal aumentando la permanencia de la PDI en el rumen, su degradación y la fracción PDR. La situación es inversa en los casos de altos consumos y tasa de pasaje, ya que disminuye el tiempo de la PDI en el rumen y la posibilidad de su utilización por parte de los microorganismos pasando a engrosar la fracción de PND (cuadro N° 1).

Cuadro N° 1.- Eventos de la energía y proteína del alimento en los distintos compartimentos.

| COMPARTIMENTOS                                |  |   |   |
|---|--|---|---|
| ALIMENTO                                      | RUMEN  | INTESTINO   | MEDIO INTERNO   |
| ENERGÍA →                                     | FERMENTACIÓN Y ABSORCIÓN DE ENERGÍA →  | DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE ENERGÍA →  | ENERGÍA PARA MANTENIMIENTO Y CRECIMIENTO DEL BOVINO   |
| PROTEÍNA DEGRADABLE EN RUMEN (PDR) →          | LA PDR ES UTILIZADA POR LOS MICROORGANISMOS FORMANDO LA PROTEÍNA MICROBIANA (PMO) →  | DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE PROTEÍNA MICROBIANA (PMO) →                                  | LA PMO Y PND QUE ES ABSORBIDA EN EL INTESTINO SE DENOMINA PROTEÍNA METABOLIZABLE (PM), Y SE UTILIZA PARA MANTENIMIENTO Y CRECIMIENTO DEL BOVINO |
| PROTEÍNA NO DEGRADABLE EN RUMEN (PND) →       | LA PND NO SUFRE MODIFICACIONES Y PASA SIN ALTERACIONES AL INTESTINO →  | DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE PROTEÍNA NO DEGRADABLE (PND) →                               |   |
| PROTEÍNA DE DEGRADABILIDAD INTERMEDIA (PDI) → | LA PDI SE COMPORTA COMO PND Ó PDR EN PROPORCIONES VARIABLES, SEGÚN LA TASA DE PASAJE RUMINAL Y EL NIVEL DE CONSUMO DE ALIMENTO → | DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE PROTEÍNA MICROBIANA (PMO) Y/Ó PROTEÍNA NO DEGRADABLE (PND) → |   |

En las tablas de composición nutricional de alimentos, frecuentemente se publican los valores de PDR y PND para consumos de mantenimiento, estando por este motivo (baja tasa de pasaje) la PDI incluida en la fracción PDR. Sin embargo, en otras bases de datos puede encontrarse que los porcentajes de degradabilidad están indicados según el uso más frecuente del ingrediente. Ejemplos característicos son el expeller de soja y el grano de maíz ó sorgo, que usualmente son incluidos en raciones de feedlot con consumos que pueden superar 3 veces el necesario para mantenimiento. Los porcentajes de PND de estos alimentos a nivel mantenimiento oscilan entre 40 y 45 %, pero cuando forman parte de raciones para engordes intensivos los valores llegan a 55 – 60 %. Cuando el grano de maíz es el componente mayoritario en una dieta, puede aportar cerca del 45 - 50 % de la proteína total y la cantidad de PDI solo por este cereal ser aproximadamente entre el 15 y 18 %. Esto es para ser tenido en cuenta en el momento de formular una ración y especialmente si el objetivo de la misma es la obtención de altas productividades, ya que caso contrario se estaría sobre y sub estimando en forma significativa la PDR y PND ofertada por el alimento respectivamente.

### 3.- BALANCE PDR / ENERGÍA EN RUMEN Y EFICIENCIA DE SÍNTESIS DE PMO.

Dependiendo del pH ruminal, nivel de consumo de materia seca y digestibilidad de la ración, para un correcto balance PDR / Energía en rumen son necesarios entre 70 y 130 gs de PDR por Kg de Total de Nutrientes Digestibles (TND) ingeridos. Considerando el ciclo de la urea y que la disponibilidad de energía en rumen no sea limitante, la eficiencia de conversión de PDR de la ración a Pmo se estima en el 100 %; es decir que con 650 gs de PDR ingeridos diariamente podemos esperar 650 gs de Pmo producidas.

### 4.- EL CICLO DE LA UREA

Mediante este ciclo el bovino tiene la capacidad de compensar los desbalances entre la PDR y la energía en el rumen debidos a la asincronía entre la degradación de la proteína y los carbohidratos. Es así que con dietas con altos contenidos de grano de maíz ó sorgo, la lenta disponibilidad de PDR en relación a la energía característica de estos cereales, es compensada mediante el ciclo de la urea para mantener el balance PDR/Energía.

## 5.- ORIGEN DE LA PM

La Pmo que llega al intestino es aproximadamente 80 % proteína verdadera y 80% digestible, por lo que para estimar su aporte a la PM se utiliza la fórmula: PM de origen Pmo (Kg) = Kgs de Pmo \* 0,80 \* 0,80. La PND se considera que es 100 % proteína verdadera y 80 % digestible; PM de origen PND (Kg) = Kgs PND \* 0,80. Sumando el resultado de ambas ecuaciones se obtiene el aporte total de PM para el bovino.

## 6.- FORMULACIÓN DE RACIONES

El criterio utilizado para la formulación de raciones con el sistema de PM se basa en cubrir en primer término los requerimientos de PDR, y luego completar el faltante de PM con PND. Esta metodología, además de asegurar el correcto balance de la proteína para el rumen y el bovino, presenta las siguientes ventajas: a) al priorizar los requerimientos de PDR y la producción de Pmo, el animal dispone de mejor calidad de proteína debido a que el valor biológico de esta última superior a la PND de origen vegetal; b) la disponibilidad y variedad de concentrados ricos en PDR es mayor; c) el costo de los concentrados con alto contenido en PDR suele ser menor que los de PND.

## 7.- CASOS DE REFERENCIA

Sin pretender abarcar todas las situaciones posibles de encontrar en los sistemas de producción en Argentina, se presentan algunos casos que pueden servir como referencia. Las formulaciones por mínimo costo y las evaluaciones de las raciones se realizaron con el software de nutrición para bovinos en recría y engorde ProInver (www.mc2005.com.ar).

### 7.1.- Novillos producción intensiva

En el cuadro N° 2 se muestra el balance proteico en novillos de 400 Kg de peso y 1,450 Kg/día de ganancia objetivo, resultado de una formulación por mínimo costo. Composición de la ración base seca: 76.09% grano maíz molido, 6.04% harina de girasol, 15.17% heno pastura picado a 2 cm, 0.70% urea y 2% núcleo vitamínico mineral + Monensina. FDNe 10,5 %. Energía Metabolizable 2,83 Mcal/ Kg MS. La urea se restringió al 0,7% máximo de inclusión.

Cuadro N° 2.- Balance de proteína en novillos de 400 Kgs y 1,450 Kg/día de ganancia\*.

|           | P.B. (%) | P.B. (Kgs) | P.M. (Kgs) | P.N.D. (Kgs) | P.D.R. (Kgs) |
|-----------|----------|------------|------------|--------------|--------------|
| Formulado | 13,12    | 1,279      | 0,902      | 0,521        | 0,758        |
| Requerido | 10,20    | 0,995      | 0,675      | 0,237        | 0,758        |
| Balance   | + 2,92   | + 0,284    | + 0,227    | + 0,284      | 0,000        |

\*Novillos A. Angus, frame 4, con restricción nutricional previa. Consumo materia seca 9,75 Kg/día. Estimación de pH del licor ruminal 5,87.

Del balance de las distintas fracciones proteicas surge que el exceso de 0,284 Kgs/día de PB y 0,227 Kgs/día de PM se debe a la sobreoferta de PND (Kgs de PM de origen PND = Kgs PND \* 0,8).

La inclusión de urea en la ración responde a la necesidad de cubrir los requerimientos de PDR de la flora ruminal para asegurar una correcta fermentación de los carbohidratos y disponibilidad de energía para el bovino, y no a las necesidades de PM de este último ya que la PND excedente hubiera suplido holgadamente su no incorporación.

En mayor ó menor medida dependiendo de la degradabilidad de la proteína de los ingredientes, las raciones para novillos basadas en concentrados energéticos con altas productividades como objetivo presentan una situación similar a la del cuadro N° 2; exceso de PB y PM debido a la oferta de PND potenciada por el nivel de consumo de materia seca, y por la necesidad de balancear la PDR con los requerimientos de la flora bacteriana. En los engordes intensivos de animales en etapas avanzadas de crecimiento es prácticamente inevitable la sobreoferta de PM, y que esta sea utilizada como fuente de energía.

### 7.2.- Terneros producción intensiva

En el cuadro N° 3 se presenta el balance proteico en terneros británicos de 200 Kgs de peso, frame 4 y una ganancia objetivo de 1,220 Kg/día, resultado de una formulación por mínimo costo donde se incluyó el expeller de soja entre los ingredientes disponibles. Ración base seca: 55.5% grano maíz molido, 31.01% heno pastura picado a 2 cm, 8.7 % harina de girasol, 2.51% harina de soja, 2 % núcleo vitamínico mineral + Monensina, 0.28 % urea. Consumo materia seca: 5.50 Kg/día. Conversión alimenticia: 4.51. FDNe: 17,23%. Mcal EM/día: 14,50. Moderada restricción nutricional previa. Licor ruminal pH: 6,15. Costo Kg MS: \$ 0,559. Costo alimento por Kg ganancia producida: \$ 2,521 (precios mayo 2010).

Cuadro N° 3. Balance de proteína en terneros de 200 Kgs de peso y 1,220 Kg/día de ganancia, con expeller de soja.

|           | P.B. (%) | P.B. (Kgs) | P.M. (Kgs) | P.N.D. (Kgs) | P.D.R. (Kgs) |
|-----------|----------|------------|------------|--------------|--------------|
| Formulado | 14,61    | 0,803      | 0,565      | 0,317        | 0,486        |
| Requerido | 14,61    | 0,803      | 0,565      | 0,317        | 0,486        |
| Balance   | 0,00     | 0,000      | 0,000      | 0,000        | 0,000        |

La relación PDR:PND requerida es aproximadamente 60:40 (cuadro N° 3), pudiendo llegar con raciones más concentradas a 55:45, denotando una mayor participación de PND en las necesidades de proteína en comparación con los novillos (cuadro N° 2), donde la proporción es 76:24. Como se mencionó en el punto N° 1 esto se debe a la menor cantidad de alimento (conversión alimenticia) y producción de Pmo por Kg de ganancia de peso en estas categorías.

Conociendo los mayores requerimientos de PND en animales jóvenes, en el listado de ingredientes disponibles para la formulación por mínimo costo se incluyó el expeller de soja (alta PND) con un precio sensiblemente mayor respecto a otros concentrados proteicos. Su incorporación en un 2,51% en la ración es lo que permitió un adecuado balance entre las distintas fracciones al menor precio posible. De no haber tenido disponibilidad del expeller de soja, sustituyéndolo por la harina de girasol, para el mismo planteo y productividad el resultado se muestra en el cuadro N° 4.

Ración base seca: 52,51% grano maíz molido, 22,03% heno de pastura picado a 2 cm, 23,46% harina girasol, 2,0% núcleo. Conversión alimenticia: 4,51. Estimación de pH del licor ruminal: 6,05. FDNe: 14,75%. Costo por Kg de MS: \$ 0,622. Costo alimento por Kg ganancia producida: \$ 2,805 (precios mayo 2010).

Cuadro N° 4.- Balance de proteína en terneros de 200 Kg de peso y 1.220 Kg/día de ganancia, sin expeller de soja.

|           | P.B. (%) | P.B. (Kgs) | P.M. (Kgs) | P.N.D. (Kgs) | P.D.R. (Kgs) |
|-----------|----------|------------|------------|--------------|--------------|
| Formulado | 15,74    | 0,866      | 0,565      | 0,343        | 0,523        |
| Requerido | 14,49    | 0,797      | 0,565      | 0,343        | 0,454        |
| Balance   | + 1,25   | 0,069      | 0,000      | 0,000        | + 0,069      |

Los menores requerimientos de PB (Kgs) en el cuadro N° 4 respecto al N° 3, se originan por el menor aporte de PM proveniente de PDR debido a la mayor relación concentrados : forraje (3,55 vs 2,23), disminución del pH ruminal (6,05 vs 6,15), eficiencia de producción de Pmo (11,3% vs 12,1%) y la proporción PDR : PND requerida (57:43 vs 60:40) respectivamente.

La no disponibilidad de Expeller de soja (alta PND), y su reemplazo por Harina de girasol (baja PND), lleva a que a los fines de balancear la PM con PND, se deba elevar su inclusión al 23,46 % en la ración, provocando en consecuencia el exceso de PDR y PB. El costo por Kg de ganancia de peso producida y de la ración con el expeller de soja incluido (cuadro N° 3) es sensiblemente menor (-10 %) en relación a cuando se lo excluye (cuadro N° 4). Si bien el precio por tonelada del expeller de soja es mayor que el de girasol, su incorporación estratégica en animales jóvenes con altas productividades como objetivo permite hacer un uso más eficiente de los recursos y en este caso, disminuir los costos de alimentación.

### 7.3.- Novillitos en pastoreo

En el cuadro N° 5 se observa el balance proteico en novillitos de 300 Kg con 0,690 Kg/día de ganancia de peso alimentados en base a una pastura con 2,25 Mcal EM/Kg MS, FDNe 40% y 15 % de PB. Estimación pH licor ruminal 6,46.

Cuadro N° 5.- Balance de proteína en novillitos de 300 Kg de peso y 0,690 Kg/día de ganancia en pasturas de zona templada.

|           | P.B. (%) | P.B. (Kgs) | P.M. (Kgs) | P.N.D. (Kgs) | P.D.R. (Kgs) |
|-----------|----------|------------|------------|--------------|--------------|
| Formulado | 15,00    | 1,050      | 0,576      | 0,271        | 0,779        |
| Requerido | 10,31    | 0,722      | 0,487      | 0,160        | 0,562        |
| Balance   | + 4,69   | +0,328     | +0,089     | +0,111       | + 0,217      |

Como suele suceder en los planteos de producción en base a pasturas de zonas templadas y especialmente en el período otoño – invierno – primavera, la proteína no es limitante para el crecimiento. Sin embargo es interesante realizar este tipo de análisis cuando se quiere intensificar la producción incorporando suplementación energética.

ca. Para el caso del cuadro N° 5, se podría asignar hasta 2 Kg /an/día de grano de maíz, ó 9 Kg/an/día de silaje planta entera de sorgo (con humedad) sin que ninguna de las fracciones proteicas sean deficitarias.

Dependiendo de la época del año, de las especies y la tecnología aplicada (fertilizantes, densidad, manejo, etc.), los porcentajes de PB en una pastura pueden llegar al 25 % con el 78 -80 % de PDR. Estos valores permiten mantener el balance proteico con altos niveles de asignación de concentrados energéticos (más el agregado de sales minerales), y lograr ganancias de peso que en muchos casos pueden llegar a igualar ó superar a las de los engordes a corral cuando no son manejados correctamente.

#### 7.4.- Vacas adultas con bajas ganancias de peso

En el cuadro N° 6 se presenta otra situación significativamente diferente a las anteriores. Se trata de vacas secas británicas de 420 Kgs de peso, alimentadas con una mezcla de pastura y paja de trigo picada de 1,8 Mcal de EM/Kg MS y un consumo de 7,2 Kg MS/día. Al evaluar la ración nos da una ganancia esperable de 0,100 Kg/día. FDNe 60 %. Estimación pH del licor ruminal 6,46.

Cuadro N° 6.- Balance de proteína en vacas adultas de 420 Kgs y 0,100 Kg/día de ganancia de peso con forraje de baja calidad.

|           | P. B. (%) | P.B.(Kg/día) | P.M. (Kg/día) | P.N.D. (Kg/día) | P.D.R.(Kg/día) |
|-----------|-----------|--------------|---------------|-----------------|----------------|
| Formulado | 8,20      | 0,590        | 0,287         | 0,157           | 0,433          |
| Requerido | 7,26      | 0,523        | 0,378         | 0,271           | 0,252          |
| Balance   | + 0,94    | + 0,067      | - 0,091       | -0,114          | + 0,181        |

Con dietas de muy baja calidad la disponibilidad de energía en rumen limita la síntesis de Pmo, lo que sumado a la baja eficiencia de su producción (7,5 %) por el aumento de los requerimientos de mantenimiento de los microorganismos, la cantidad de PM de origen Pmo es pobre. Esto hace aumentar las necesidades de PND para balancear la PM, llevando la relación PDR:PND requerida a 48:52. El excedente de PB se debe al desbalance PDR / Energía en rumen. En estos casos se obtendrá una respuesta productiva positiva solo si se suplementa con concentrados proteicos ricos en PND.

### 8.- DÉFICIT DE PROTEÍNA Y PRODUCCIÓN

La merma en la productividad debido al déficit de proteína se debe al menor consumo de alimento y a la disminución en la disponibilidad (déficit de PDR) y/o utilización de la energía (déficit de PM) por parte del animal. En base a los trabajos de Fernández Mayer et al (2009 y 2010), Santini et al (1997), Tedeschi et al (2000), Valckens et al (2008) y Mac Loughlin R. J. (2010), la disminución en la ganancia de peso debido a un déficit del 25 % de PDR y/o PND, puede llegar a 0,280 Kg/día.

En la ración formulada para terneros del cuadro N° 3 la participación en Kgs de los concentrados proteicos (expeller de soja + girasol + urea) en el total de la materia seca es el 11,5 %, mientras que los mismos conforman el 21 % del costo. Hipotetizando una disminución del 20 % del contenido proteico de esta ración (de 14,6 a 11,7 % PB), el impacto sobre el costo final del alimento sería de 4 a 5 %, sin embargo la ganancia diaria se vería afectada en un 20 % (0,245 Kg / día). Si bien estos valores son explicativos por si solos, agregándoles los costos directos e indirectos por mayor permanencia en el ciclo de producción (alimento, mano de obra, gasoil, etc.) de los animales con menores ganancias diarias, hacen poco razonable buscar una mayor eficiencia económica modificando el balance Proteína / Energía de la ración.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Fernández Mayer A., R. Vázquez y L. Vázquez. 2009. Engorde a corral con urea de vacas de descarte. Sitio [www.veterinariargentina.com](http://www.veterinariargentina.com) Diciembre 2009.
- Fernández Meyer A., Patricia y Fabián Fernández. 2010. Engorde de novillitos con sorgos BMR diferidos, urea y grano de maíz. Sitio [www.veterinariargentina.com](http://www.veterinariargentina.com). Enero 2010.
- Galyean M. L. 1996. Protein levels in beef cattle finishing diets: Industry application, University research and system results. *J. Anim. Sci.* 74: 2860 – 2870.
- Mac Loughlin R. J. 2007. Proteína Metabolizable y la nutrición de bovinos para carne. En *Bovinos para carne*; sección: Fisiología digestiva y manejo del alimento; trabajo N° 112. Sitio [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Mac Loughlin R. J. 2010. Déficit de proteínas y ganancia de peso en cría y engorde de bovinos. Comunicación. En sección *Producción bovina de carne / Invernada en general / Trabajo N° 36*; sitio [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- National Research Council. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. E. Washington D. C.: National Academy Press.
- Santini F. J., E. Pavan, S. C. García y J. Castaño. 1997. Engorde a corral con distintas fuentes nitrogenadas y energéticas. *Memorias del Primer Congreso Nacional sobre Producción Intensiva de Carne*. 13, 14, 18 y 19 de noviembre de 1997, Buenos Aires y Córdoba. Páginas 162 – 166.

- Tedeschi L. O., D. G. Fox and J. B. Russell. 2000. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. *J. Anim. Sci.* 78: 1648 – 1658.
- Valkeners, D., A. Théwis, M. Van Laere and Y. Beckers. 2008. Effect of rumen - degradable protein balance deficit on voluntary intake, microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double – muscle Belgian Blue bulls fed corn silage - based diet. *J. Anim. Sci.* 86: 680 – 690.

Volver a: [Invernada en general](#)